

## PS27(DR25) 부산광역시에서 NO<sub>x</sub> 농도의 예측

### Prediction of NO<sub>x</sub> Concentrations in Pusan Metropolitan City

이 화 운 · 최 금 찬<sup>1)</sup> · 장 난 심 · 원 경 미

부산대학교 대기과학과, <sup>1)</sup>동아대학교 환경공학과

#### 1. 서 론

대기 독성물질과 이산화질소, 이산화탄소를 포함한 다른 오염물질은 인간의 건강과 쾌적함이라는 개념하에서 시각화되었고 그 중에서 질소산화물의 상태는 CO와 HC를 다루는 것보다 도시에서 훨씬 어려운 실정이다.

도시지역에서 대기오염물질 농도는 오염물질의 누적을 유발하는 요소와 오염물질의 확산을 유발하는 요소사이의 균형에 의해서 제어를 받고 있다. 부산광역시는 한반도의 동남부 해안에 위치하여 해륙풍의 영향이 대기오염 농도의 누적과 확산에 크게 영향을 미치므로 해륙풍 순환에 의한 대기오염물질 농도 예측이 정확한 농도 예측에 필수적이라고 할 수 있다.

NO<sub>x</sub>(산화질소류)가 도시 대기오염물질 중에서 대단히 중요하다는 것이 선행연구자에 의해 다수 연구되어 있다. 그리고 대기 중의 산화질소류는 대부분 NO<sub>2</sub> 와 NO라고 볼 수 있다

본 연구는 부산광역시에서 해륙풍 순환에 의해 NO<sub>x</sub> 농도의 대부분을 차지하는 NO<sub>2</sub> 와 NO 농도를 예측 하고자 하며, 예측된 농도 값들은 부산광역시에서 실측된 농도 값들과 비교 연구하고자 한다.

#### 2. 부산광역시의 배출량 산정

배출량은 1997년 자료를 이용하여 산정하였고, 대상지역은 부산광역시 지역과 진해시 일부분을 포함하였다.

SO<sub>2</sub>, TSP, NO<sub>2</sub>, HC, CO 등의 오염물질에 대해 1km × 1km 격자간격으로 배출량을 산정하였다.

배출량은 내륙지역과 연안지역으로 나누어 산정하였고, 내륙지역은 부산광역시에 존재하는 각 오염원을 점, 선, 면 오염원으로 구분하여 각 지역의 주택현황자료, 공해배출업소(1, 2, 3, 4, 5종) 자료와 연료사용량, 각 지점별 교통량 자료, 격자별 도로길이율 등의 자료를 이용하여 산정하였다.

연안지역은 대상선박을 부산항을 입·출항하는 여객선, 컨테이너선, 유조선, 화물선, 어선 등으로 하였으며, 항행 중과 정박 중으로 나누어 산정하였다. 배출량의 산정에는 대상선박 1척마다의 운항제원(선종, 총 톤수, 탑재기관의 종류, 대수 등)과 탑재기관의 가동상황(부하율, 하역시간 등)을 가지고 1km × 1km 격자별 항로별로 선박교통량 비중과 주야율 등을 고려하여 산정하였다.

#### 3. NO<sub>x</sub> 농도 예측 모델 구성

연안지역에서의 대기유동장을 표현하는 기초방정식계는 지형의 기록에 관계없이 계산할 수 있는 지형좌표계(z\* 좌표계)를 사용한 운동방정식, 운위방정식, 비습방정식, 연속방정식, 정역확방정식, 지중온도방정식으로 구성된 3차원 해륙풍 모델을 사용하였다.

지표면의 온도는 지표면 열수지방정식을 사용하여 계산하였고 대기오염물질의 농도 예측은 광화확반응과 침적 현상을 고려한 오일러안 이류·확산모델(Eulerian advection-diffusion model)을 사용하였다.

#### 4. 결과 분석 및 검증

대기 유동장을 수치모델링 할 경우, 도시 규모와 같은 국지적인 기류는 대규모 바람과 지형의 영향을 받기 때문에 도시 영역만 정확히 계산하는 것은 어렵다. 또한 중규모 계산 영역을 전부 조밀한 격자점으로 나누어 계산 할 수도 있으나 이는 불필요한 부분의 계산에 소비되는 시간의 낭비, 컴퓨터의 용량 문제 등의 단점이 있기 때문에 상세 격자 영역의 경계치를 구하는 nesting 방법을 택했다.

본 연구에서 사용한 성긴격자 영역은 부산과 그 주위 지역을 포함하여 수평방향(x와 y)으로 각각

80km, 격자간격은 5km로 하여 17×17 격자점을 이용했고, 상세격자 영역은 부산지역만을 이용한 것으로 수평방향으로 각각 30km, 격자간격은 1km로 하여 31×31 격자점을 이용했다. 성긴격자와 상세격자 영역에서 연직방향으로는 2000m까지 10층으로 나누었고, 각 층 두께는 동일하지 않으며 지표근처에서는 조밀하게 설정하였다.

산정된 배출량 자료를 이용하여 위에서 구성된 대기질 예측 모델을 사용하여 수행된 결과 중에서 NO<sub>2</sub>와 NO 농도를 대상으로 비교 분석하였고, 농도 계산 시작 시각은 광화학반응이 일어나지 않는 오전 4시로 하였다. 계산에서 사용되어진 영역은 부산광역시를 나타내는 성긴 격자 영역과 부산지역만을 나타내는 상세 격자 영역이지만 예측된 NO<sub>2</sub>와 NO 농도 분포 결과는 격자 간격이 조밀하게 표현된 상세 격자 영역에서만 나타내었다.

농도 예측을 위한 대상일은 최급찬 등(1997-1998)이 실측한 NO<sub>2</sub> 농도와 비교하기 위하여 8월, 11월로 하였다.

실측된 NO<sub>2</sub> 농도는 NO<sub>2</sub> Passive sampler(Filter Badge NO<sub>2</sub>, ADVANTEC TOYO, JAPAN)를 이용하여 측정되었고, 실측된 NO<sub>2</sub> 농도의 타당성을 살펴보기 위하여 부산광역시 환경부 산하 대기질 측정망 자료와 상관관계를 구한 결과 신뢰도가 높게 나타났다.

예측된 NO 농도는 부산광역시 환경부 산하 대기질 측정망 시간별 평균 자료와 비교하였다.

예측되어진 NO<sub>2</sub>와 NO 농도를 실측된 NO<sub>2</sub>와 NO 농도 분포와 비교한 결과, 전체적인 농도 분포 특성이 잘 일치하는 것으로 나타났었고 또한 부산지역의 해륙풍과 복잡 지형에 의한 대기 순환의 영향이 잘 묘사되어 NO<sub>2</sub>와 NO 농도의 일변화를 잘 알 수 있었다.

## 참고 문헌

- 원경미 (1998) 연안도시지역에서 선박배출원을 고려한 대기질 수치 모델링, 부산대학교 박사학위 논문
- 이화운 (1987) 지역대기환경의 수치예측 모델에 관한 연구, 일본대판대학 박사학위 논문
- Atkinson, R., A. C. Lloyd, and L. Wings (1982) An updated chemical mechanism for hydrocarbon/ NO<sub>x</sub>/SO<sub>2</sub> photooxidations suitable for inclusion in atmospheric simulation models, *Atmos. Environ.*, 16, 1341-1355
- Kimura, F.(1988) A simulation to wind and air pollution over complex terrain using a hydrostatic numerical model, *Atoms. Env.*, 23, 723-700
- Kondo, H. and K. Gambo (1979) The effect of the mixing layer on the sea breeze circulation and the diffusion of pollutants associated with land-sea breezes, *J. Meteor. Soc. Japan*, 57(6), 360-575
- Okamoto Shinichi (1990) Comparative study on estimation methods for NO<sub>x</sub> emissions from a roadway, *Atmospheric Environmental*, 24A(6), 1535-1544.
- Pielke R. A. (1974) A three dimensional numerical model of the sea breeze over south Florida, *Mon. Weath Rev.*, 102, 115-139
- 池田有光他 (1977) 大氣汚染光化學反應機構のモデル化, 大氣汚染光化學會誌, 11, 463-484